

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300281

研究課題名(和文)他者からの学びを誘発する知的eポートフォリオ・システムの開発

研究課題名(英文)ePortfolio Which Facilitates Learning from Others

研究代表者

植野 真臣 (Ueno, Maomi)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号：50262316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円

研究成果の概要(和文)：学習コミュニティは、多様な熟達レベルの参加者が参加し、それぞれはその貢献度によって評価され、成長のための支援を受ける、知識やスキルを発達させるという共通目標を持つ、「学び方」を学ぶ、学習成果を共有できる、といった特徴を持つ。本研究では、これらの特性を支援するためのeポートフォリオ推薦システムを開発した。本システムの特徴は、1.当該学習者と類似の学習プロセスを持っており、可能な限り評価の高い学習者を推薦する、2.当該学習者と類似の学習プロセスを持つ学習者を可能な限り多様になるように選択し推薦する、が挙げられる。大学で実際に運用し、その機能の評価を行った。

研究成果の概要(英文)：There are four characteristics that a learning community must have: (1) diversity of expertise among its members, (2) a shared objective of continually advancing the collective knowledge and skills, (3) an emphasis on learning how to learn, and (4) mechanisms for sharing what is learned. To enhance the development of learning communities, we developed an ePortfolio recommendation system. The unique features of this system are as follows: 1. The system recommends excellent other students who have similar learning histories with the user, 2. The system searches diverse others as much as possible. Namely, the system recommends excellent other students with similar learning histories to the target user but dissimilar each other. Actual trial use of the system demonstrates that the system does indeed promote learning from others, and supports sustainability of learning and deeper robust acquisition of knowledge; not superficial learning based on memorization.

研究分野：教育工学

キーワード：eラーニング eポートフォリオ 学習評価 相互評価 推薦システム 構成主義

1. 研究開始当初の背景

社会的構成主義において「熟達者からの模倣」と「足場かけ」に基づく学習理論、認知的徒弟制(Collins,1989)が注目されている。一方、認知的徒弟制を実現するための環境として「学習コミュニティ」が知られている。学習コミュニティとは、多様な熟達レベルの参加者が参加し、それぞれはその貢献度によって評価され、成長のための支援を受ける、知識やスキルを発達させるという共通目標を持つ、他者から「学び方」を学ぶ、学習成果を共有できる、といった特徴を持つ。この概念に基づき、様々なCSCL(Computer Supported Collaborative Learning)システムが開発されてきた(Scardamalia and Bereiter 1994)。しかし、一般的なCSCLでは同時に同一トピックを学習するメンバによって構成される学習コミュニティを支援するので、メンバの熟達レベルの多様性が小さく、他者から学び方や学習成果を学べる範囲は限定される。一方、長期間にわたり、多様な学習者の学習履歴を蓄積して公開・共有するeポートフォリオが近年、普及しつつある。eポートフォリオは、そもそも学習者個人のリフレクションを促進するためのツールとして普及してきたが、学習コミュニティの特徴を潜在的に兼ね備えていると考えられる。研究代表者はこれまでLMS(Learning Management System)“Samurai”を開発し、10年間eラーニング実践を行い、膨大かつ詳細な学習履歴データを蓄積してきた(植野 2007)。さらに、これらの蓄積データの構造を整理して他者に提示するeポートフォリオ・システム“Samurai-folio”の開発を行ってきた。実際に3年間Samurai-folioを実践し、多様なパスで他者ポートフォリオの閲覧を促進でき、自律的な持続学習への動機向上と深い知識の獲得を支援できたことを示した(植野,宇都 2011)。しかし、多様な学習者の高品質なポートフォリオが大量に蓄積されているにも関わらず、これらのデータが十分に活用できていないという問題がある。本研究では、数千人を超える大量に蓄積された学習者ポートフォリオを自動的に解析・分析し、各学習者に適応した情報を選択提示するeポートフォリオ・システムを開発する。

2. 研究の目的

他者からの学びを誘発するeポートフォリオ・システムの知的機能を設計・開発し、eラーニングに組み込み、実践的に評価する。具体的には、eポートフォリオのテキスト分析手法の開発、適応的ピア・アセスメント・システムの開発、eポートフォリオの統合的評価システムの開発、類似学習履歴を持つ学習者の検索システム、行動分析と内観報告によるeポートフォリオを用いた他者からの学びの生起メカニズムと効果の分析、他者からの学びを誘発するeポートフ

オリオ推薦システムの開発、を目標とする。

3. 研究の方法

(1) LMS “Samurai”

他者から学ぶことを目標とするeポートフォリオは、eラーニングの学習形態の一つとして捉えることができる。本研究で提案するeポートフォリオ・システムは、研究代表者が長年、開発してきたLMS“Samurai”に組み込まれる。LMS“Samurai”では、90分授業用コンテンツ集合(単位は「トピック(Topic)」と呼ぶ)を提示し、学習者がメニュー画面より、学びたい学習コンテンツを選ぶことによって、学習を進める。これら90分授業用コンテンツを15回分作成することにより、2単位分の授業(単位を「コース(course)」と呼ぶ)となる。各コンテンツ(content)では、教師映像と説明用テキスト画面、説明用画像、説明用ビデオ映像、さらに演習用テストが提示される。また、掲示板システムにより課題提出や学習者同士の議論などができる。これらへの学習者の反応、およびその所要時間はLMSにおける学習履歴データベースへ自動的に格納され、様々なデータマイニング手法により解析されエージェントにより学習をファシリテーションする。

研究代表者は、Samuraiを用いてこれまで15年間eラーニング実践を行い、5000人以上の学習者の学習履歴データを蓄積してきた。これらの大量の学習履歴データを有効活用するために、これらを他の学習者に閲覧できるようにし、他者からの学びを誘発するeポートフォリオ・システムを開発した。

(2) eポートフォリオ・システム

構成

一般にeポートフォリオは、LMSと相補的な関係にある。ここで提案されるシステムも、前述のLMS“Samurai”と連携しており、“Samurai-folio”と呼ぶ。“Samurai-folio”の構成は図1のとおりであり、トピック・ポートフォリオ(Topic Portfolio)、コース・ポートフォリオ(Course Portfolio)、キャリア・ポートフォリオ(Career Portfolio)の三階層のデータ構造を持つ。eポートフォリオでの学習者の振る舞いは、LMS“Samurai”により、学習履歴は統一的に蓄積・管理される。

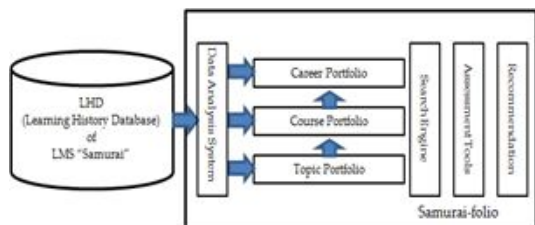


図1 “Samurai-folio”の構成

トピック・ポートフォリオシステムは“Samurai”で蓄積された膨大

な学習履歴データから現在学んでいるコンテンツの情報を蓄積し、コンテンツ・ポートフォリオとして表示できる。その情報を集積して90分に対応する授業の情報を蓄積したポートフォリオが図2のトピック・ポートフォリオである。トピック・ポートフォリオでは、トピック内で学習者が学習してきた学習コンテンツ名とリンク、各コンテンツへの反応（演習問題の場合回答、学習コンテンツの場合、対応テストにより理解されているかどうかを×で提示）各コンテンツの学習時間、学習回数、掲示板および学習成果物が提示されている。トピック・ポートフォリオのコンテンツ名はコンテンツ・ポートフォリオにリンクされている。コンテンツ・ポートフォリオでは、各コンテンツ内容と学習者のコンテンツへの反応内容（対応するテスト問題と回答、正誤、所要時間）が提示される。また、レポートなどの学習成果物は完成前でも掲示板（図2下段）に投稿でき、グループの学習者同士で協働したり議論することが可能となる。トピック・ポートフォリオ、掲示板とともにセルフ・アセスメント、ピア・アセスメントが可能であり、ピア・アセスメントの結果は評価する度に平均値が集計されて提示される。

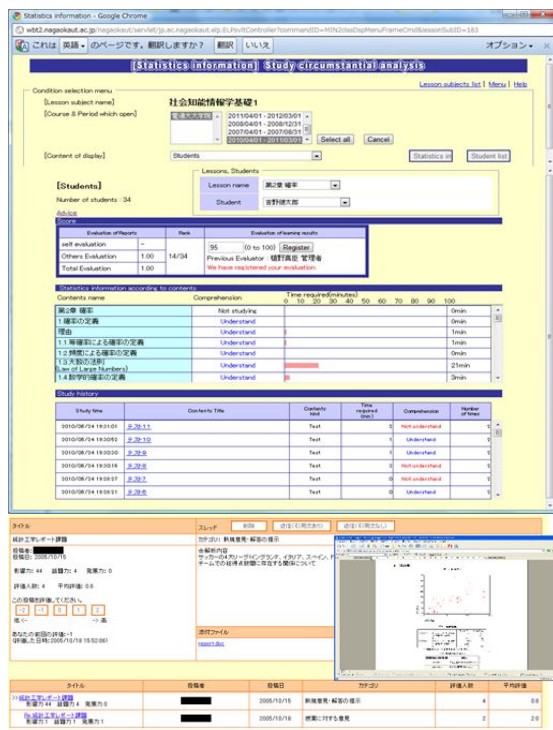


図2 トピック・ポートフォリオ

### コース・ポートフォリオ

トピック・ポートフォリオにおいて蓄積された学習成果物から最終的な成果を選択するとそれらのデータと学習履歴データ、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメントを1つのコースに対応させて集積し、図3のコース・ポートフォリオに蓄積する。図中の左上には、コースの進捗や理解度、ピア・ア

セスメント、セルフ・アセスメントの平均値が他の学習者のその平均とともに提示される。また、このコースでのテスト結果の総合順位も提示されている。このページには、各トピックごとの進捗率、所要時間、理解率が他の学習者の平均値とともに提示され、学習者自身のリフレクションを生起できるように工夫されている（図3右）。コース・ポートフォリオは大学では学期（前期、後期、通年）における一つの授業コースに対応しており、ラーニング・ポートフォリオの上位の階層に位置し、互いにリンクされている。図5左の右上にある「私の学習課題」ではコースに対する学習目標と学習課題を学習者自身が入力し、達成度をセルフ・アセスメントで評価し、達成されたと自己評価された課題は「完了した課題」に移動させる。これにより、自己の達成を振り返り、リフレクションを促すことができる。その下にシステムが対象学習者に推薦する他者のeポートフォリオのリンクが推薦される。詳細は後述する。

その下には、このコースで提出した学習成果物（最終バージョン）についてピア・アセスメントが行われた結果の平均値、その順位が提示されるとともに教師により選ばれたベストプラクティスの成果物には が提示される。また、同じ課題でベストプラクティスを受賞した学習成果物（過去から現在までの期間）がショーケースとしてコースでの学習者のポートフォリオ一覧に展示される（図3左の中段）。ベストプラクティスを選択するとその学習者のポートフォリオに移動し、学習成果物が提示される。ベストプラクティスの学習成果物を閲覧することにより、その受賞者のポートフォリオをより詳細に調べたりできる機会が増え、他の学習者のポートフォリオを閲覧する機会が誘発されるように設計されている。

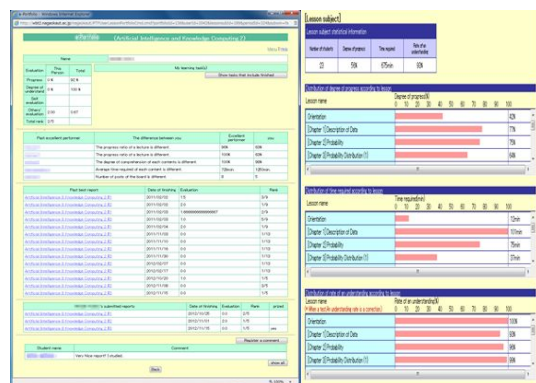


図3 コース・ポートフォリオ

教師には各コースの履修学習者の学習成果物のピア・アセスメントの平均値、テスト結果、eラーニングでの達成度と理解率とそれらの重み和としての最終得点が提示され、修正があれば修正値を入力する。また、コース・ポートフォリオのページ自身もピア・アセスメント、セルフ・アセスメントの対象で



あり、コメントも寄せられる。コメントした学習者のポートフォリオは、自動的にコメントされたページにリンクが張られる。

### キャリア・ポートフォリオ

さらに全てのコースのポートフォリオを集積する SNS 形式のキャリア・ポートフォリオが生成される(図4)。キャリア・ポートフォリオでは図4のように学習者のプロフィール、学習日記、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメント、総合評価の全平均、が提示され、自己の設定した全ての学習目標(課題)および達成状態が一覧できる。また、eラーニングの履修履歴および成績、順位も提示される(ただし、管理者が成績情報の公開・非公開は管理できる)。キャリア・ポートフォリオは、学習者の成績表を含めた履歴書としての機能もあり、写真付きプロフィールや学習に関するブログ日記という役割を持ち、日々の学習目標や活動を記述していく欄もある。

コース・ポートフォリオ同様に、ページ自身もピア・アセスメント、セルフ・アセスメントの対象であり、コメントも投稿され、コメントが投稿された学習者のポートフォリオとリンクが自動的に生成される。キャリア・ポートフォリオはまさに学習コミュニティにおける SNS であり、学習成果よりもむしろインフォーマルな関係から学習者が互いにリンクできる階層として設計されている。本システムでのポートフォリオ階層化の狙いは、学者者同士のリンクから学習成果物や学習履歴の閲覧へ誘導できたり、逆に学習成果物や学習履歴からその学習者のページに誘導し、その学習者の他の学習成果物や学習履歴を閲覧できることであり、これにより他者からの学びを促進することである。



図4 キャリア・ポートフォリオ

(3) eポートフォリオ推薦システム  
先のポートフォリオは、eラーニングを受

講した学習者の人数だけ自動的に生成されていくのでその数は膨大になる。現在、5000人を超える受講者数のポートフォリオが蓄積されており、この中から学習者に有用なポートフォリオを探索することは難しい。この問題を解決するために本研究はeポートフォリオ推薦システムを開発する。

### 決定木による学習者の最終状況予測

本研究の主なアイデアは、システムに構築された膨大な学習履歴データを用いて機械学習手法を適用し、対象学習者の最終状況を予測する。このとき、学習履歴が類似で優秀な成績で終わった過去学習者をなるべく多様になるように推薦するシステムを提案する。学習者の最終状況を各eラーニングコースでの最終成績(1) Failed(最終テストが60点未満); (2) Abandon(授業の途中放棄); (3) Successful(最終テストが60点以上80点未満); (4) Excellent(最終テストが80点以上.)とする。

この状態を予測するために、以下の変数を学習履歴データより各週ごとに抽出する。

1. 学習者が学んだトピック数
2. eラーニングシステムにアクセスした回数
3. 各授業での学習者が終了したトピックの平均割合
4. 各授業における学習時間
5. 学習者が理解したトピック数(確認テストの結果)
6. コース全体での学習時間
7. eラーニング中のテストでの回答の変更回数
8. 各トピックの平均学習時間

各eラーニングコースでの最終成績と8つの要因データを各授業、各週ごとに、ID3(John, 1986)を用いて学習した。学習された決定木の例を図5に示す。

この決定木の構造データは、Samuraiのデータベースにコースごとに蓄積される。

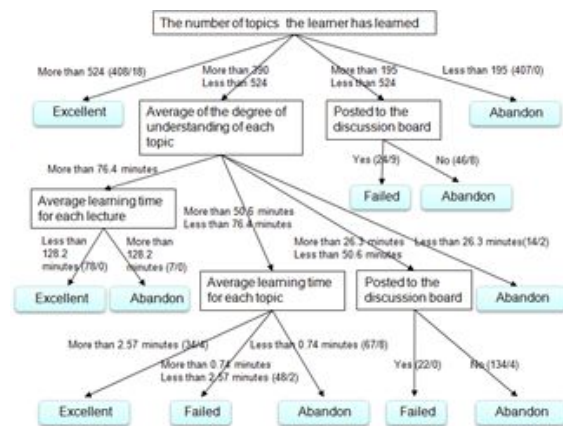


図5 eラーニングコースで学習された決定木の例

### 決定木による推薦アルゴリズム

本節では、前節で導入した決定木を用いたeポートフォリオ推薦システムのアルゴリズム

ムを提案する。Vygotsky 理論に従うと、学習者は自分より少しだけレベルの高い他者からよく学べるといふ。本システムでは、よく似ているが少しだけ異なる学習プロセスを持つ他者を推薦され、そのプロセスと成果を比較して振り返りを促進させることができる。そして、認知的徒弟性に基づく学習コミュニティの利点が期待できる。

推薦アルゴリズムは、以下のとおりである。

1. システムは、対象学習者の現在の学習履歴データを当該コースの決定木に当てはめて、最終状態 ((1)Failed (2)Abandon (3)Successful (4)Excellent) を予測する。
2. 予測された対象学習者の最終状態を示す決定木のノードから、もっとも距離の近い Excellent ノードを持つ過去学習者をランダムに選び e ポートフォリオを推薦する。
3. 最終状態ノードから 2 番目に近い Excellent ノードを持つ過去学習者をランダムに選び e ポートフォリオを推薦する。これを 5 つのポートフォリオが選択されるまで繰り返す。
4. 推薦された学習者と対象学習者の学習履歴の何が異なるかの差異(各ノードの値に対応するメッセージをあらかじめ用意している)をメッセージとして提示する。

図 3 左の上二段目に示されるように、推薦された 5 つの e ポートフォリオへのリンクと推薦学習者と対象学習者の学習履歴の差異を示している。

#### 4. 研究成果

統計学の e ラーニング授業での大学院修士 1 年用のコースで本機能を持つ Samurai-folio を使用した。授業内容は、1. ガイダンス、2. データ、3. 散布図と相関、4. 確率、5. 確率分布、6. 区間推定、7. 最尤推定、8. ベイズ推定、9. 平均値の検定、10. 分散の検定、11. あてはまりの検定、12. 分散分析、13. 多重比較、14. プレゼンテーション、15. 最終テスト (e テスティング)、である。ガイダンスは、90 分の対面形式で行った。ここでは、本授業の理念・方法について詳細に説明し、成績、学習履歴、レポートなどの学習成果、等を他学習者に公開することの利点を説明したうえで、それに賛同した学習者のみに受講を許可している。システムは、これらの情報の公開 / 非公開を管理者が個別に設定できるので、特別な事情のある学習者には配慮できるが、この実践では特にそのような問題はなかった。

e ラーニング受講スケジュールは 1 トピックが一週間で学ぶと決められており、そこで学んだ手法を用いて各自データを採取しフリーソフト R(R foundation, 2011)を用いて分析して翌週中にレポートを提出しなければならない。グループは約 10 名ずつに分かれ、そこでピア・アセスメント (5 段階) を行ってレポートを採点する。このために最低、グ

ループ内の他の約 9 名のレポートはレビューしなければならない。14 回目の授業は、受講者を 10 人ずつのグループに分け、学習者が最終レポートを対面形式でプレゼンテーションを行い、相互評価を行った。15 回目の授業は、最終テストであり、学習者は各々、自宅や研究室から、決められた時間に一度だけ Web 上の e テスティングを受検でき、それが最終テスト結果としてサーバに保存される。本システムを用いて、2009 年 ~ 2013 年の 5 年間で 198 名の受講生が履修している。このうち、2012 年度では、過去の成績上位の学習者を推薦する機能を用いて 24 名の受講者、2013 年度からは提案の手法を用いて 13 名の受講者がいる。

推薦されたポートフォリオについて、学習者に「提示された e ポートフォリオへの満足度を以下の 5 段階で評価して下さい。1. 不満である、2. やや不満である、3. どちらともいえない、4. やや満足である、5. 満足である」というアンケートを実施している。その平均値と ( ) 内に標準偏差を表 1 に示した。類似なプロセスを持つ学習者を推薦する提案手法のほうが単に評価の高い e ポートフォリオを提示するよりも、有意に満足度が高いことがわかる。

また、それぞれの手法で、対象学習者の学習履歴との類似度を決定木における最終状態のノードの距離として計算することができる。その平均と ( ) 内に標準偏差を示した。これより、有意に本手法が類似の学習履歴を持つ学習者を推薦できていることがわかる。

表 1 本提案と推薦機能のないシステムの比較

	推薦ポートフォリオへの満足度	学習履歴乖離度
優秀学習者のポートフォリオ提示	1.784(0.838)	6.969(1.836)
本提案	3.692(1.280)	3.892(1.350)

本研究では、他者からの学びを誘発するための e ポートフォリオ推薦システムを開発した。単に評価の高い e ポートフォリオではなく、対象学習者と類似の学習履歴を持つ学習者の e ポートフォリオを可能な限り多様に推薦するというものである。本研究では、システムが類似プロセスを持つ学習者の e ポートフォリオを推薦し、それに満足させたという段階までのみ評価を行った。しかし、構成主義的学習を促進するのが最終目標であるので、今後は学習そのものへの評価を行わなければならない。

#### < 引用文献 >

Collins, Brown and Newman (1989) Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), Knowing, learning, and instruction:

essays in honor of Robert Glaser (pp. 453-494), Laurence Erlbaum Associates, NJScardamalia and Bereiter (1994) Computer support for knowledge building communities, Journal of the Learning Sciences, 3(3):265-283  
植野真臣, 知識社会における e ラーニング, 培風館, 2007  
植野真臣, 宇都 雅輝, 他者からの学びを誘発する e ポートフォリオ, 日本教育工学会論文誌, 35 巻 3 号, 2011  
John Ross Quinlan, "Induction of decision trees", Machine Learning, 1:81-106, 1986

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 7 件)

宇都雅輝, 植野真臣, ピアアセスメントの低次評価者母数を持つ項目反応理論, 電子情報通信学会論文誌 D 「多様化する学習・教育支援特集」, 査読有, J98-D, 2015, 3-16  
植野真臣, 松尾淳哉項目反応理論を用いて適応的ヒントを提示する足場かけシステム, 電子情報通信学会論文誌 D 「多様化する学習・教育支援特集」, 査読有, J98-D, 2015, 17-29

植野真臣, 過去の学習者履歴データを利用した e ポートフォリオ・システム, 情報知識学会誌, 査読有, Vol. 24, 2014, 414-423  
DOI:10.2964/jsik2014\_039

石井隆稔, ソンムアン ポクポン, 植野真臣, 最大クリーク問題を用いた複数等質テスト自動構成, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J97-D, 2014, 270-280

Takatoshi Ishii, Pokpong Songmuang, Maomi Ueno, Maximum Clique Algorithm for Uniform Test Forms Assembly and its approximation, IEEE Transactions on Learning Technologies, IEEE computer Society, 査読有, Vol.7, 2014, 1-13  
DOI:10.1109/TLT.2013.2297694

宇都雅輝, 植野真臣, Toulmin モデルのベイジアンネットワーク表現を用いた論証推敲支援システム, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J96-D, 2013, 998-1011

Maomi Ueno, Masaki Uto, Non-Informative Dirichlet Score for learning Bayesian networks, Proceedings of The Sixth European Workshop on Probabilistic Graphical Models(PGM), 査読有, 2012, 331-338

[学会発表](計 12 件)

加藤嘉浩, 石井隆稔, 植野真臣, トピックモデルを用いたレポート推薦機能を持つ e ポートフォリオシステム, 日本教育工学会第 30 回全国大会, 2014 年 9 月 19-21 日, 岐阜大学

宇都雅輝, 植野真臣, ピアアセスメントの

低次評価者母数を持つ階層ベイズ項目反応理論, 教育システム情報学会第 39 回全国大会, 2014 年 9 月 10-12 日, 和歌山大学

加藤嘉浩, 石井隆稔, 植野真臣, LDA を用いたレポート推薦機能を持つ e ポートフォリオシステム, 教育システム情報学会第 39 回全国大会, 2014 年 9 月 10-12 日, 和歌山大学

Maomi Ueno, Adaptive Testing Based on Bayesian Decision Theory, AIED(Artificial Intelligence in Education)2013, 2013 年 7 月 9-13 日, Memphis, United States

Takatoshi Ishii, Pokpong Songmuang, Maomi Ueno, Maximum Clique Algorithm for Uniform Test Forms Assembly and its approximation, AIED(Artificial Intelligence in Education)2013, 2013 年 7 月 9-13 日, Memphis, United States  
Yoshimitsu Miyasawa, Maomi Ueno, Mobile Testing for Authentic Assessment in the Field, AIED(Artificial Intelligence in Education)2013, 2013 年 7 月 9-13 日, Memphis, United States

Shimazaki, T., Morimoto, Y., Ueno, M., Nakamura, S., Miyadera, Y., INTELLIGENT SYSTEM FOR SUPPORTING E-PORTFOLIO-BASED LEARNING BY USING NETWORK ANALYSIS, 6th International Conference of Education, Research and Innovation, 2013 年 11 月 18-20 日, Seville, Spain  
森本康彦, e ポートフォリオシステム「Mahara」における省察的学習支援機能の開発とその評価, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2013 年 10 月 19 日, 富山大学

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

植野 真臣 (UENO, Maomi)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号: 5 0 2 6 2 3 1 6

(2) 研究分担者

森本 康彦 (MORIMOTO, Yasuhiko)

東京学芸大学・情報処理センター・准教授  
研究者番号: 1 0 3 8 7 5 3 2

橋本 貴充 (HASHIMOTO, Takamitsu)

独立行政法人大学入試センター・研究開発部・助教

研究者番号: 2 0 3 9 9 4 8 9

安藤 雅洋 (ANDO, Masahiro)

長岡技術科学大学・工学部・助教

研究者番号: 0 0 3 4 5 5 3 9

(3) 研究協力者

石井 隆稔 (ISHII, Takatoshi)

宇都 雅輝 (UTO, Masaki)

宮澤 芳光 (MIYASAWA, Yoshimitsu)